

DESVÍOS

(SHUNTS)

Manuel Sánchez Doblado, Ingeniero de Caminos
Jefe de Desvíos AVE

520-8

Fecha de recepción: 22-VI-92

RESUMEN

Para el establecimiento de las comunicaciones entre las vías generales de circulación, y entre éstas y las del apartado de estaciones, se requiere la instalación de unos aparatos de vía que, dotados de movimiento transversal, permiten establecer adecuadamente la elección del camino de rodadura.

El aparato, en general, es complejo, y dicha complejidad se incrementa con la circulación a alta velocidad ($V > 200$ km/h).

A continuación se abordan, de forma sucinta, algunas de las soluciones adoptadas que permiten la circulación por los desvíos en condiciones de seguridad y confort elevados, junto con el alargamiento de su vida útil respecto al ferrocarril convencional.

SUMMARY

In order to establish connections between the general circulation tracks, and between these and station tracks, devices must be installed on the track which are able to move in a crosswise direction, there by permitting the choice of the appropriate path for the treads.

This device in general, is complex and its complexity increases at high speeds (> 200 km/h).

Following this, the article deals briefly with some of the solutions adopted to ensure movement on the shunts under optimal safety and comfort conditions, along with the extended useful life of this device in comparison with the conventional railroad.

0. INTRODUCCIÓN

La nueva línea de Alta Velocidad Madrid-Sevilla cuenta con una amplia gama de desvíos debido a la necesidad, tanto de satisfacer los condicionantes de explotación y limitación de espacios, como de no imponer reducción de velocidad alguna en relación con las vías adyacentes al paso de las circulaciones por los mismos.

En velocidades de paso inferiores a 100 km/h por las vías desviadas de los desvíos, los trazados de las mismas son curvas circulares, siendo el radio de estas curvas el parámetro fundamental del desvío.

Los valores de 250, 320, 500 y 760 en metros son los radios de los desvíos con trazado de curva circular empleados en la nueva línea. Si tenemos en cuenta la existencia de 2 tipos de carril (UIC-54 y 60), 2 perfiles de aguja (bajo y alto), que para cada radio existen al menos

dos soluciones de cruzamiento, y que las traviesas pueden ser de madera u hormigón, comprenderemos que el número de desvíos distintos es grande.

Existe además otro desvío de trazado no circular denominado $R = 10.000$, que es al que más altas prestaciones se le han exigido (velocidad por vía directa 300 km/h y 160 km/h por vía desviada). Satisfacerlas ha requerido dar soluciones a problemas complejos tanto en la fase de proyecto como de fabricación, transporte y montaje. Es por ello el desvío emblemático de la línea y la base de este artículo.

Un desvío es el aparato de vía que permite a los vehículos ferroviarios el paso de una vía a otra sin interrupción de la marcha. Consta de tres partes bien diferenciadas: el cambio, el cruzamiento y el carrilaje intermedio (Fig. 1).

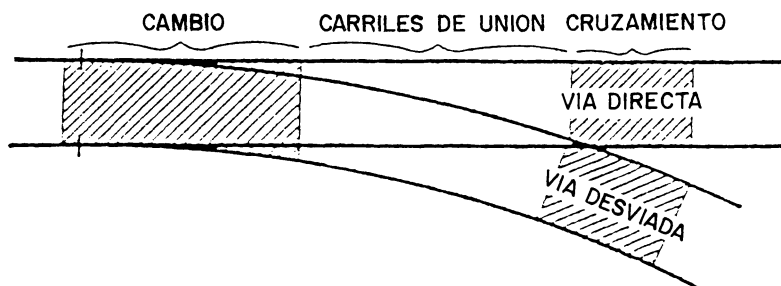


Fig. 1.—Esquema de un desvío.

El escape establece la comunicación entre dos vías, normalmente paralelas, llamándose a la distancia entre las mismas entrevía. Consta de dos desvíos que, en función del valor de la entrevía, comparten una zona común o están enlazados por una vía intermedia, requiriendo en cualquier caso soluciones específicas en esta zona para el armamento de carrilaje y traviesas.

El bloqueo de los trayectos entre estaciones de la línea de Alta Velocidad es banalizado, es decir, aunque hay un sentido normal de circulación, el enclavamiento permite circular en sentido contrario en las mismas condiciones de velocidad y seguridad. Esto presenta grandes ventajas en el caso de que una de las vías quede inutilizada por trabajos o incidencias y permite incluso la circulación en paralelo en supuestos de adelantamiento de trenes, sin necesidad de que alguno de ellos tenga que detenerse. Pero obliga a establecer comunicaciones entre ambas vías con velocidades de paso por las mismas lo más próximas posible a la de la establecida por vías generales.

En la línea de Alta Velocidad se ha establecido en 160 km/h la velocidad de paso por la comunicación, existiendo a lo largo de la línea 15 puntos de estas características, en cada uno de los cuales se establecen dos escapes: uno a derechas y otro a izquierdas.

1. TRAZADO

El primer estudio en el proyecto de un nuevo desvío o escape en recta es el del trazado de su vía desviada.

Con los datos de partida de velocidad máxima, en la comunicación 160 km/h y la entrevía (distancia entre ejes) 4,30 m, la solución establecida para nuestro caso ha si-

do la de una clotoide de entrada, una curva circular de $R = 4.000$ m y una clotoide de enlace hasta el eje de la comunicación. A partir de este punto y con curvatura de signo contrario se establece otra clotoide de enlace, curva circular de $R = 4.000$ m y clotoide de salida (Fig. 2).

A lo largo de decenios, en la técnica ferroviaria se han ido introduciendo en el trazado de vías en curva y de desvíos valores de efectos físicos (aceleración lateral y sobreaceleración) que, asegurando el confort, permitan apurar los valores de los parámetros geométricos minimizando el coste.

En el trazado ferroviario la condición más limitativa es la de confort. El primer parámetro que define el confort en curva es la aceleración lateral sin compensar a_{sc} .

Para velocidades superiores a 120 km/h el valor de la a_{sc} , en el plano de rodadura, debe ser igual o menor a $0,5 \text{ m/sg}^2$.

Para 160 km/h el valor del radio, en curva sin peraltar, que produce ese valor de la a_{sc} es el de 3.951 m, que por razones de estandarización se redondeó a 4.000 metros.

La entrada en esta curva circular sin transición produciría una aparición brusca de la a_{sc} , registrándose además en los valores ensayos dinámicos de circulación puntas de la misma de valor aproximadamente doble del valor de cálculo.

Ello aconseja la introducción de una curva de transición entre la alineación recta de la vía general y la alineación curva de la vía desviada.

La curva de transición más usual en los trazados ferroviarios es la clotoide, cuyo parámetro A depende del segundo parámetro de confort, que es la sobreaceleración (derivada de la aceleración) con valor máximo aceptable de $0,4 \text{ m/seg}^3$ para velocidades superiores a 120 km/h .

De $A^2 = L \times r$, $a_{sc} = \frac{V^2}{r}$ y $\frac{da_{sc}}{dt} = \Psi$ se deduce que

$$A = \sqrt{\frac{V^3}{\Psi}}$$

que para

$$V = 160 \text{ km/h y } \Psi = 0,4 \text{ m/sg}^3$$

nos da

$$A_{\min} = 461$$

Por razones constructivas el radio inicial de la curva de transición debe tener un valor finito, lo cual introduce un salto en la aceleración sin compensar, la función deja de ser continua en ese punto y por tanto no derivable.

Para una masa puntual en un tiempo $t = 0$ la a_{sc} pasa de un valor cero a un valor finito a lo que implicaría una $\Psi = \infty$ con independencia de cuál fuera el valor del radio en ese punto.

Ahora bien, en la práctica, el vehículo no es asimilable a una masa puntual, puesto que posee una longitud propia, la distancia entre pivotes de bogies E . La aceleración sin compensar no actúa en todo su valor en el centro de gravedad del vehículo, hasta que éste esté por completo en la curva, es decir, el segundo bogie situado en el origen de la curva.

Es decir, la sobreaceleración pierde en este caso el concepto de derivada en un punto, para convertirse en el valor medio de la variación de aceleración a lo largo del tiempo que tarda el vehículo en franquear el punto de tangencia.

De:

$$E = \frac{V}{3,6} \cdot t \text{ y } a_{sc} = \frac{V^2}{3,6^2 R}$$

sale

$$\Psi^* = \frac{V^3}{3,6^3 \times E \times R}$$

El valor de Ψ^* recibe el nombre de ruck o empellón.

Para velocidades $V > 120 \text{ km/h}$, un valor de confort para Ψ^* es 1 m/seg^3 .

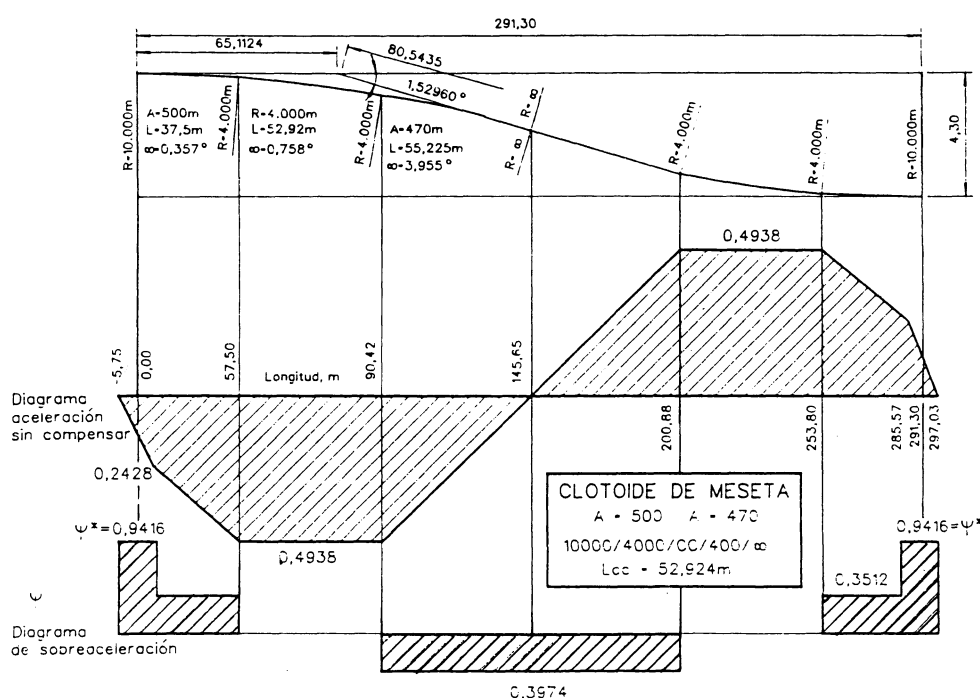


Fig. 2.—Trazado de la vía desviada.

Definidos los valores mínimos de la curva de transición de entrada y del radio de la curva circular, quedaba por resolver el problema que planteaba el cambio de sentido de la curvatura en el eje de la comunicación, que llevaba a valores del salto de aceleración sin compensar de $2 a_{sc}$, no admisibles desde el punto de vista del confort.

El problema se podía resolver situando una recta intermedia entre las curvas circulares con curvaturas de distinto signo y cuya longitud mínima de 64 m viene determinada por el valor de $0,4 V$, solución que dinámicamente no es muy buena y por otra parte alargaría la longitud de la comunicación, con los consiguientes sobre costos.

La solución adoptada ha sido una clotoide que partiendo del radio 4.000 m de la curva circular finaliza en $R = \infty$ en el eje de la comunicación con parámetro A mínimo, el definido para la transición de entrada.

Las curvas circulares deberán tener una longitud mínima que permita un tiempo de 1 seg para calmar el vehículo entre las dos perturbaciones de paso de curva de transición a curva circular.

Como además había que encajar el trazado de la comunicación entre dos vías paralelas cuyos ejes distan 4,30 m, teníamos un conjunto de condiciones superabundantes si tomábamos como fijos todos los valores mínimos ya calculados.

Por tanto se dejó variar a estos valores en el sentido permitido, procediendo por tanteos y eligiendo la solución más corta de las tanteadas.

Posteriormente se comprobó, aplicando un método de programación lineal convexa, la bondad de la solución adoptada.

2. CAMBIO

El cambio es la primera parte del desvío, donde se realiza el desdoblamiento de los dos carriles de la vía mediante dos carriles especiales móviles llamados agujas, uno de los cuales alternativamente se acopla a su carril fijo adyacente llamado contraaguja. Consta por tanto de 2 agujas (recta y curva) y 2 contraaguas (recta y curva), que han de mecanizarse para posibilitar su acoplamiento

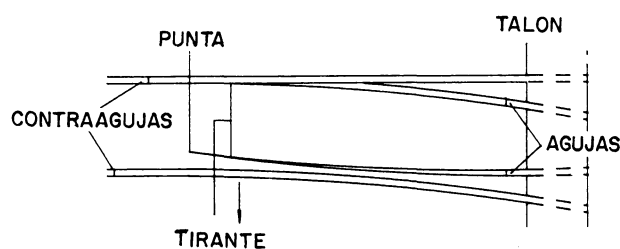


Fig. 3.—Componentes de un cambio.

to y el establecimiento de los caminos de rodadura sobre las agujas. El extremo de la aguja que se acopla a la contraaguja se denomina punta y el extremo contrario talón (Fig. 3).

Las agujas se mueven sobre placas engrasadas llamadas cojinetes de resbalamiento o resbaladeras.

El trazado del cambio del desvío de $R = 10.000$ m es tangente, lo que significa que la vía desviada es tangente a la vía directa. Este tipo de trazado tiene la ventaja frente al secante de reducir el ángulo de desviación en la punta de las agujas y las fuerzas laterales rueda-aguja.

Las contraaguas son carriles de perfil UIC-60, mecanizados ligeramente en la cabeza para permitir el acoplamiento de las agujas.

Las agujas son carriles de perfil especial UIC Zu-1-60, bajo asimétrico, con mecanizaciones en cabeza (Fig. 4) y forjado largo (600 mm) en el talón para convertirlo en el perfil normal y facilitar la soldadura al carril adyacente.

La calidad del acero de agujas y contraaguas es UIC 900 A con un tratamiento adicional de perlitzado fino por inducción para aumentar la resistencia al desgaste en las zonas de transferencia de rodadura de contraaguja a aguja.

Las resbaladeras Schwihaag, permiten la sujeción elástica interior de la contraaguja por debajo de la aguja (Fig. 4).

El cambio del desvío $R = 10.000$ m presenta 3 innovaciones a nivel mundial en desvíos de gran radio (velocidad por vía desviada > 100 km/h).

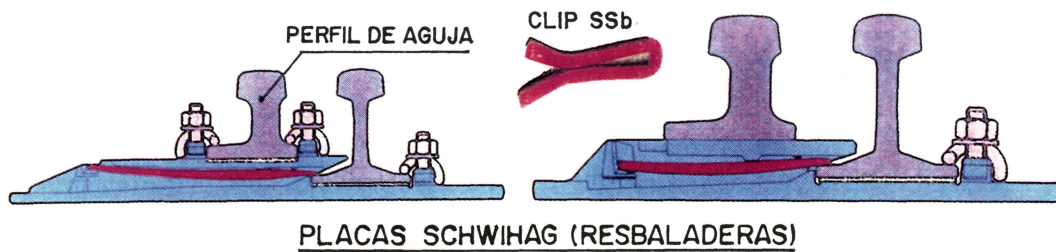


Fig. 4.—Agujas.

1.º) Sujeción elástica en toda su longitud, con clips elásticos Schvihag Ssb y sujeción Skl-12

La sujeción elástica de la contraaguja reduce las fuerzas laterales rueda-aguja en un 40%, lo cual a su vez junto al trazado tangente repercute en una disminución importante del desgaste de la aguja curva y por tanto en un incremento de su vida útil.

La extensión de la sujeción elástica a la zona de empostramiento de la aguja exigió resolver el problema de diseñar y fabricar unas resbaladeras Schvihag más largas y todas distintas (lo cual se consiguió con un molde de tapa parcialmente deslizante) y clips especiales más largos, conservando las propiedades de la sujeción estándar.

2.º) Nueva forma de mecanizado de la cabeza de la aguja y disposición en planta de los conjuntos aguja-contraaguja

La superficie de rodadura de las ruedas de un vehículo ferroviario pertenece a un cono de vértice exterior a la vía, con lo cual se evita el contacto de las pestañas con los carriles en recta, ya que dichas superficies de rodadura, conjuntamente con la inclinación de los carriles y el juego de vía (diferencia entre ancho de vía y la distancia entre caras exteriores de las pestañas de las ruedas), originan un movimiento denominado de lazo o serpenteo, cuya ecuación ya conocida no es objeto de este artículo.

Se ha observado que este movimiento sufre una perturbación al paso por los cambios de $R > 1.200$, que consiste en un retraso sistemático de la rueda que circula sobre el conjunto aguja-contraaguja acoplado, que oca-

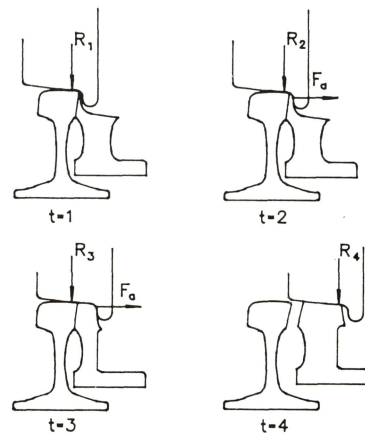


Fig. 5.—Evolución de la posición del punto de contacto debido al desgaste de la aguja.

siona el contacto continuado de la pestaña de esta rueda con la aguja correspondiente, produciendo desgastes anormales en dicha aguja que según el paso sea por vía directa o desviada será la aguja recta o curva respectivamente (Fig. 5).

El retraso citado se origina por la imposibilidad de que la rueda que circula por el conjunto aguja-contraaguja acoplado apoye sólo en la aguja, debido al poco espesor de la misma, lo que obliga a que la rueda en su zona de radio pequeño apoye en la contraaguja, con lo que a igualdad de velocidad angular con la otra rueda del eje se produce una velocidad lineal de avance menor y por tanto el retraso. Este problema se va agrandando mientras la aguja no tiene espesor suficiente para soportar ella sola la rueda, lo que ocurre en una longitud larga debido a que el radio de la vía desviada es muy grande.

Para solucionar este problema se ha actuado de dos formas complementarias.

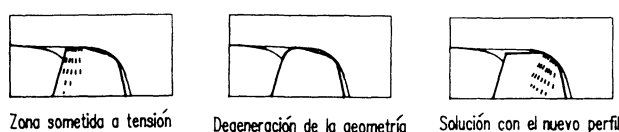


Fig. 6

De una parte, a través de un nuevo diseño del perfilado de la aguja (Fig. 6), que conjuntamente con el tratamiento de perlitzado hace que la rueda pueda gravitar sobre la misma con un espesor menor, desplazando el apoyo a la zona de la aguja donde ésta puede resistirlo mejor por su forma sin aplastarse.

De otra, a través de la optimización cinemática de la rodadura de ejes y bogies sobre el cambio, que permitió definir una forma nueva de la geometría de éste, que incluye un aumento gradual de la distancia entre las contraagujas permitiendo un ensanchamiento de las agujas y, consecuentemente, según Fig. 7, adelantando el punto en el que pueden empezar a soportar a las ruedas.

Partiendo de una formulación matemática del movimiento plano del eje montado sobre el cambio, la forma óptima de este ensanchamiento se determinó por tanteo de distintas geometrías mediante simulación en ordenador de la rodadura de ejes y bogies con distintos estados de desgaste de rueda y entrando en el cambio en distintas hipótesis de descentramiento y ángulo de ataque.

Esta optimización cinemática produce un sobreancho de vía máximo de 15 mm.

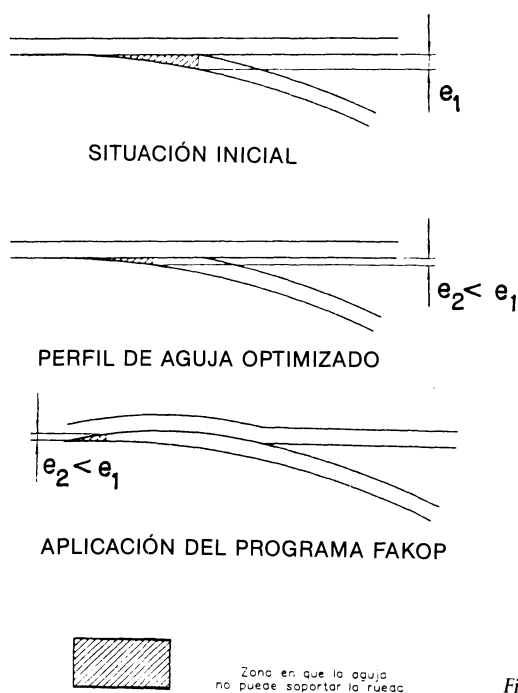


Fig. 7

3.º) *Accionamiento individual de cada cerrojo por un motor (Fig. 8)*

Las dos agujas (recta y curva) tienen la misma longitud 50,890 m, realizándose el movimiento de acoplamiento-desacoplamiento por deformación elástica de las mismas, en una longitud de 39,040 m (parte móvil), estando las agujas empotradas a lo largo del resto de su longitud.

Los condicionantes que debe satisfacer este movimiento de las agujas son:

- Permitir el acoplamiento perfecto aguja-contraaguja a lo largo de toda la longitud mecanizada para ello.
- Permitir una separación suficiente entre agujas y contraagujas no acopladas, de forma que no pueda producirse nunca un contacto de la rueda con la aguja no acoplada.

El estudio teórico de este problema es el de la deformada transversal de una viga empotrada de sección e inercia variables, apoyada verticalmente en todas o parte de las resbaladeras, con un coeficiente de rozamiento pequeño, debido a que las resbaladeras están engrasadas. Dicha deformada debe cumplir los dos condicionantes establecidos anteriormente.

La aguja desacoplada debe quedar separada en toda su longitud de la contraaguja con una entrecalle mínima de 58 mm, que por la optimización cinemática (FAKOP) se convierten en 64 mm en nuestro caso. La entrecalle mínima se produce en la zona próxima al empotramiento. En la punta de la aguja es aconsejable que exista una mayor apertura, que se ha establecido en 100 mm.

El cumplimiento de estos valores se consigue con ocho puntos de accionamiento, llamados cerrojos porque además aseguran la inmovilización de la aguja acoplada.

El cerrojo consta de dos cajas, que normalmente están fijadas al alma de las contraagujas, 1 barra impulsora y 2 bielas que se mueven atravesando las cajas.

La gran longitud de la aguja hace que sus dilataciones y contracciones térmicas sean grandes, lo cual llevaría al bloqueo de los cerrojos si no se previera un dispositivo de deslizamiento de los mismos.

En nuestro caso las cajas deslizan sobre una guías fijas al alma de las contraagujas.



Fig. 8.—Accionamiento de cerrojos.

El movimiento de las 2 agujas y la inmovilización de la desacoplada se aseguran mediante los motores.

Para la elección de un motor adecuado para un desvío de alta velocidad hay que tener en cuenta varios factores:

- Un fácil montaje con la posibilidad de conectar a la aguja mediante una transmisión rígida y uniforme.
- La posibilidad de montaje de los accionamientos a ambos lados del desvío sin necesidad de modificar elementos internos de éste.
- Un accionamiento lo más versátil posible, con el fin de minimizar el stock de almacenaje para el mantenimiento.
- Un escaso mantenimiento.
- Alta eficiencia en el funcionamiento.

Utilizando un accionamiento del tipo electrohidráulico conseguimos, además de cumplir con los condicionantes impuestos, lograr un alto grado de eficiencia que se pone de manifiesto cuando se trata de mandar agujas de gran longitud desde grandes distancias.

Funcionamiento

El sistema hidráulico del accionamiento está constituido por:

- Bomba hidráulica.
- Cilindros hidráulicos.
- Bloque hidráulico.
- Tubería.

El corazón del accionamiento es una bomba hidráulica de pistones radiales, reversible, intercambiándose entre sí los respectivos lados de presión y aspiración dependiendo del sentido de giro.

El mecanismo encargado de convertir la energía hidráulica en energía mecánica son 2 cilindros de doble acción funcionando a contrafase. Éstos transmiten un momento de giro a una palanca que genera en la biela el movimiento de mando.

La fuerza de mando es lineal desde el principio hasta el final, y se puede ajustar dentro de unos límites amplios en las válvulas de sobrepresión. Las válvulas de sobrepresión realizan también una misión de protección del espadín de la aguja si al movimiento de éste se le opone una resistencia (por ejemplo piedras, etc).

El sistema de comprobación está compuesto por las barras de comprobación y los contactos eléctricos.

El mando de los contactos de posición final se realiza a través de las barras de comprobación y de los cerrojos de comprobación. Los contactos de comprobación se basan en contactos dobles de fricción, recubiertos de plata, consiguiendo una resistencia muy baja.

Sensor de Rueda

Al disponer de motores no talonables, necesitamos un sistema que nos detecte con la suficiente fiabilidad cuándo se ha producido un talonamiento. El sistema utilizado

en el AVE se basa en un emisor/receptor que crea un campo magnético alrededor del carril, detectándose cualquier circulación que se produzca mediante un sistema electrónico, y enviando la información a través del último motor.

Sistema de control y sincronismo de los motores

El control eléctrico del desvío y el sincronismo de los motores se realiza a través de 3, 2 ó 1 grupo de relés dependiendo del tipo de aguja.

Las funciones de estos grupos son:

- Cumplir con todos los requisitos de seguridad para los sistemas de señalización ferroviaria.
- Cambiar lo más simultáneamente posible los accionamientos, evitando flexiones de las agujas.
- Señalizar la inversión de los accionamientos.
- Supervisar cada accionamiento y el sistema colectivo de todos.
- Relación con el resto de los sistemas de señalización a través del enclavamiento.
- Avisos de talonamientos.
- El movimiento independiente de un desvío a través de un pulsador.

Tradicionalmente un solo motor accionaba hasta 4 cerrojos, mediante una transmisión mecánica a base de barras, sin embargo en nuestro caso cada cerrojo es accionado por un motor.

Las razones que aconsejaron esta innovación fueron:

- Dificultad de ajuste y mantenimiento de la transmisión mecánica.
- Estorbo de la misma a los trabajos de bateo.
- Necesidad de instalar comprobadores de posición de aguja entre los cerrojos.
- En la transmisión mecánica los motores deben suministrar mayores fuerzas de accionamiento y retención, siendo esto muy desfavorable en el caso de la presencia de un obstáculo entre aguja y contraaguja, ya que puede producir deformaciones permanentes en la aguja.

- En caso de rotura de la barra impulsora se sigue disponiendo en la aguja no acoplada de la fuerza de retención de emergencia suficiente a través de la barra de comprobación.
- La localización de averías queda notablemente simplificada.

3. CARRILAJE INTERMEDIO

Esta zona está formada por 4 carriles, dos pertenecientes a la vía directa y dos a la desviada, que unen el cambio con el cruzamiento.

Los carriles de la vía desviada incluyen sendas juntas aislantes encoladas para evitar el shuntado de la vía directa y establecer con precisión la posición de los trenes en relación con el desvío.

La cala de estas juntas es oblicua en la cabeza del carril, formando 30° con el eje longitudinal del carril, con lo que se evita el impacto de la rueda al salvarla, y ortogonal en el alma y patín para mayor seguridad frente a los esfuerzos longitudinales de compresión.

La sujeción en toda la zona es elástica indirecta del tipo Skl-12, habiéndose valorado para su elección las ventajas de apriete, premontaje y no posibilidad de giro del clip.

El clip se ancla en los nervios de las placas de asiento por medio de un tornillo de gancho.

Estas placas pueden ser laminadas de acero o de fundición nodular, llevando dos taladros para su anclaje a la traviesa.

Debajo de estas placas van otras elásticas de 10 mm de espesor que cumplen las funciones de aislamiento eléctrico y amortiguación de las vibraciones de alta frecuencia para proteger a la traviesa.

Por primera vez en España las traviesas de todo el desvío son de hormigón armado pretesado en línea larga.

Estas traviesas presentan frente a las de madera las ventajas de:

- mayor peso, que confiere al desvío una mayor estabilidad frente a las deformaciones transversales;

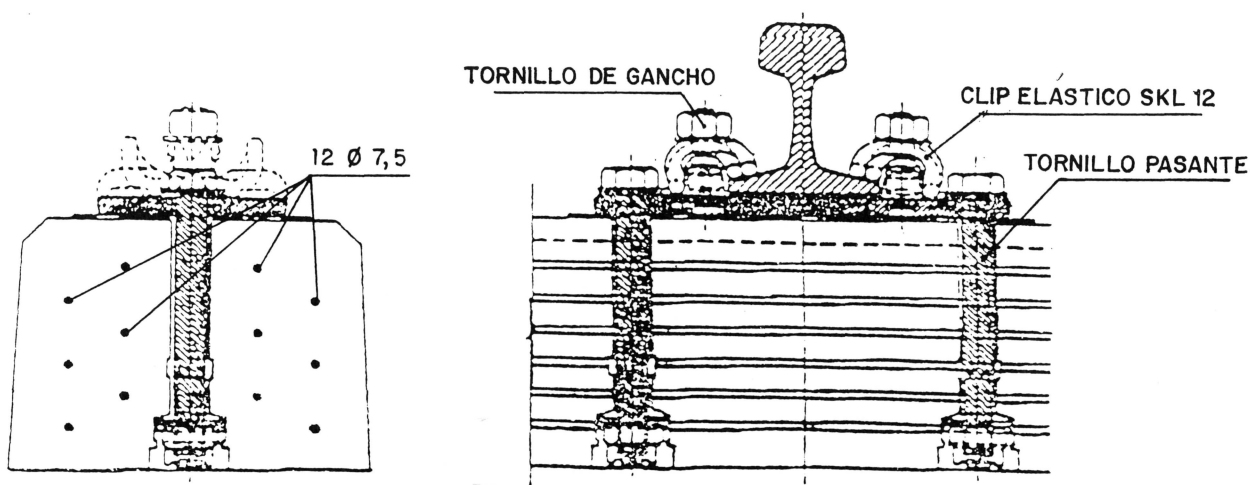


Fig. 9.—Esquema de armado de traviesas de desvío.

- homogeneidad de las características elásticas con el resto de la vía;
- mayor vida útil.

Las traviesas de un desvío son 279, todas distintas, y su longitud varía de 2,40 m a 4,90 metros.

La armadura de pretensado (Fig. 9) la forman 12 barras de acero trellado de 7,5 mm de diámetro, que se tesan con una fuerza total de 600 kN.

La armadura pasiva se ejecuta con barras de acero corrugado.

El cemento empleado es P-550 ARI, en una cantidad de 300/370 kg por m³ de hormigón.

Los áridos finos tienen un diámetro entre 7 y 8 mm y el árido grueso entre 16 y 22 mm.

La resistencia a compresión a 28 días del hormigón debe ser al menos de 60 N/mm², y la resistencia a flexotracción a los 7 días de 6,5 N/mm².

El anclaje de las placas nervadas a la traviesa se realiza mediante dos tornillos pasantes enfundados en una vaina de plástico, con tuerca y arandelas cónicas, siendo el par de apriete de 250 N × m.

Las traviesas tienen cada una 2, 3 ó 4 placas nervadas, por lo que los taladros que necesitan varían de 4 a 8.

La ubicación de estos taladros es objeto de un cálculo de sus coordenadas por ordenador, cálculo que debe tener en cuenta la retracción y fluencia del hormigón pretensado, para garantizar la geometría final del desvío.

4. CRUZAMIENTO

En los desvíos convencionales el cruzamiento consta del corazón (pieza donde se cortan los dos caminos de rodadura interiores), los contracarriles y los carriles exteriores, según Fig. 10.

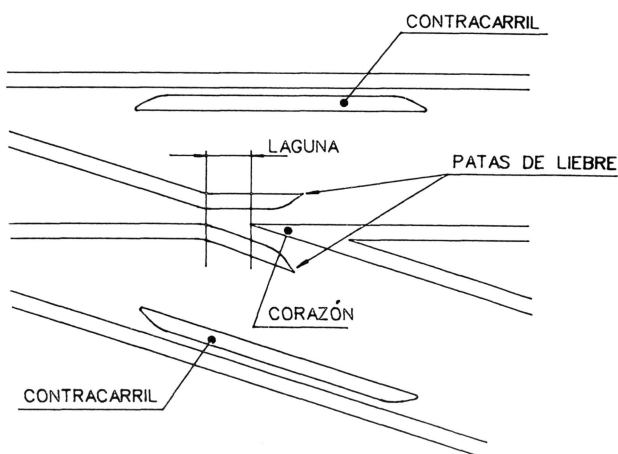


Fig. 10.—Esquema general de un cruzamiento.
<http://informesdelaconstruccion.revistas.csic.es>



Fig. 11.—Cruzamiento de corazón de punta móvil elástica.

Las velocidades superiores a 220 km/h, especialmente en los desvíos de gran radio, aconsejan la adopción del corazón de punta móvil elástica, que se acopla alternativamente a una u otra pata de liebre eliminando la laguna de los corazones de punta fija y haciendo innecesarios los contracarriles (Fig. 11).

Las razones que avalan este corazón son la mejora del confort, la eliminación del ruido y la estabilización de la rodadura.

La punta móvil del corazón está constituida por un bloque de acero forjado mecanizado y soldado en su talón a los carriles contiguos.

Para posibilitar el movimiento de acoplamiento a las patas de liebre se establece en el carril de la vía desviada un aparato de dilatación, que evita la constitución de un triángulo indeformable.

Los esfuerzos longitudinales de los carriles continuos soldados se transmiten de las patas de liebre a los carriles de talón a través de 3 almohadillas atornilladas con tornillos de alta resistencia y tuercas autoblocantes.

A su vez entre los dos carriles de talón se colocan 3 almohadillas atornilladas de la misma forma anterior para igualar los esfuerzos de los dos carriles.

Las zonas donde la rueda apoya simultáneamente en

punta de corazón y pata de liebre están tratadas térmicamente por inducción para mejorar su resistencia al desgaste.

La punta se acciona a través de 3 cerrojos de uña especiales, que encerrojan en las dos posiciones de acoplamiento, y 3 motores de las mismas características que los del cambio.

El enclavamiento electrónico garantiza la coordinación del movimiento del cambio y del corazón.

5. EXPERIENCIA DE FUNCIONAMIENTO

Por razones de espacio no podemos abordar en este artículo la problemática de fabricación, premontaje, transporte, descarga y montaje en vía de los nuevos desvíos, pero sí debemos decir que la experiencia de su funcionamiento en la línea de Alta Velocidad Española es altamente positiva, habiendo producido todas las innovaciones introducidas en los mismos el objetivo deseado de proporcionar una circulación rápida, segura y confortable, a un nivel comparable con el resto de la vía.

Los técnicos responsables de los desvíos podremos apoyarnos a partir de ahora en nuestra propia experiencia, obtenida a lo largo de la explotación de la nueva línea, para introducir las mejoras tecnológicas que sin duda irán apareciendo en los próximos años.